บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เห็ดยานางิ (Yanagi mushroom) จัดอยู่ในไฟลัม *Basidiomycota* ชั้น *Hymenomycetes* อันดับ *Agaricales* วงศ์ *Strophariaceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Agrocybe cylindracea* (Dc. ex Fr.) Maire. ส่วนเห็ดนางรมดอย (The blue oyster mushroom) จัดอยู่ในไฟลัม *Basidiomycota* ชั้น *Hymenomycetes* อันดับ *Agaricales* วงศ์ *Pleurotaceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pleurotus columbinus* Quel. เห็ดทั้งสองชนิดนี้เป็นเห็ดเขตอบอุ่นที่มีผู้นำเข้ามาเพาะในประเทศไทย ทั้งในภาคเหนือ ภาคกลางตอนบน และภาคตะวันออกเฉียงใต้ ในลักษณะธุรกิจขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เพื่อจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ เห็ดทั้งสองชนิดนี้ เป็นเห็ดที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ในประเทศไทยจะเพาะในพื้นที่ภูเขาสูงของภาคเหนือ จัดเป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค (สำเภา, 2546) ขั้นตอนในการผลิตเห็ด เริ่มจากการร่อนขี้เลื่อยเพื่อแยกกากที่มีขนาดใหญ่ออก จากนั้นนำไปหมักน้ำผสมขี้เลื่อยกับอาหารเสริมได้แก่ รากมอลต์ รำมอลต์ กากน้ำตาล ปูนขาว ข้าวฟ่างบด และดีเกลือ อาหารเสริมบางอย่างเช่น รำ นิยมเติมกันมาก เพราะอุดมไปด้วยโปรตีนและวิตามินบีซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญของเห็ดมากและยังเป็นที่ต้องการของเชื้อจุลินทรีย์ศัตรูเห็ดด้วย ดังนั้นหากเติมรำมากไปโอกาสที่ก้อนเชื้อจะถูกรบกวนหรือเสียหายเนื่องจากเชื้อราจึงมีอยู่มาก (ณัฐ, 2550) ขั้นตอนต่อมาได้แก่การบรรจุขวด การนึ่งฆ่าเชื้อ การถ่ายเชื้อเห็ด การบ่มเชื้อ และการเปิดดอก

นอกจากนี้ยังมีเห็ดเขตอบอุ่นอีกหลายชนิดที่นำเข้าเพื่อเพาะในบริเวณดังกล่าว (สำเภา, 2546) เช่น เห็ดชิเมจิสีน้ำตาล (Hon-shimeji, *Hypsizygus marmoreus*) เห็ดชิเมจิสีขาว (Buna-shimeji, *Hypsizygus marmoreus*) เห็ดนางรมหลวง (The King Oyster Mushroom, *Pleurotus eryngii*) เห็ดนางรมดอย (The Blue Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus*) เห็ดนางรมทอง (The Golden Oyster Mushroom, *Pleurotus citrinopileatus*) เห็ดนาเมโกะ (Nameko Mushroom, *Pholiota nameko*) เห็ดซูงิตาเกะ (Shaggy Scalycap, *Pholiota squarroa*) และเห็ดยานางิ (Yanagi-mutsutaka, *Agrocybe cylindracea*) เป็นต้น (ศูนย์ประสานงานพัฒนาเกษตรที่สูง, 2545; ศูนย์วิจัยเห็ดเขตหนาว, 2544; ศูนย์วิจัยเห็ดเขตหนาว, 2550)

เห็ดทุกชนิดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เป็นเห็ดที่มีศักยภาพสูงที่แนะนำให้เกษตรกรเพาะในพื้นที่สูง โดยเห็ดยานางิได้มีผู้ประกอบการเริ่มนำมาเพาะในเขตพื้นที่ราบเพราะสามารถจำหน่ายได้ในราคาต่อกิโลกรัมที่สูง (อัจฉรา, 2541) และรักษาคุณภาพของเห็ดในแต่ละรุ่นได้สม่ำเสมอ สามารถปล่อยก้อนเชื้อเห็ดยานางิไว้ในสภาพธรรมชาติได้เป็นเวลานานปีโดยไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อราทั่วไป (อัจฉรา, 2536) พบว่าเห็ดยานางิดอกสีน้ำตาลให้ผลผลิตมากต่อเนื่องนาน 1 ปี ส่วนเห็ดนางรมดอยถึงแม้จะมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่ามากแต่สามารถให้ผลผลิตได้สูงและต่อเนื่องตลอดอายุ เห็ดที่ผลิตได้ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 คาดว่าจะมีประมาณ 120,000 ตัน คิดเป็นมูลค่า 7,014 ล้านบาท (ชาญยุทธ์, 2551) (ตาราง 2.1)

ตาราง 2.1 ปริมาณการผลิตเห็ดและมูลค่าของเห็ดบางชนิดของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551

ชนิดเห็ด	ผลผลิต [ตัน(%)]	ราคาเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	มูลค่า (ล้านบาท)
เห็ดฟาง	66,000 (55)	55	3,630
เห็ดนางรม	24,000 (20)	30	720
เห็ดหูหนู	14,400 (12)	30	432
เห็ดหอม	3,600 (3)	120	432
เห็ดอื่นๆ เช่น เห็ดเข็มทอง เห็ดลม เห็ดแครง	12,000 (10)	18.7	1,800
รวม	120,000 (100)	-	7,014

ที่มา : ชาญยุทธ์ (2551)

การจัดจำแนกเห็ดยานางิ (ประไพศรี, 2541; อัจฉรา, 2541; สาวิตรีและศราวุฒิ, 2551)

Kingdom Fungi

Division Basidiomycota

Class Basidiomycetes

Order Agaricales

Family Bolbitiaceae

Genus *Agrocybe*

Species *Agrocybe cylindracea*

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Agrocybe cylindracea* (Dc. ex Fr.) Maire.

[=*Agrocybe aegerita* (Brigantini) Singer]

ชื่อสามัญ เห็ดยานางิ (Yanagi – matsutake/The Black Poplar Mushroom)

ลักษณะประจำพันธุ์

ดอกเห็ดมีลักษณะเป็นกลุ่ม หมวกเห็ดโค้งนูนรูปกระทะคว่ำ สีน้ำตาลเข้ม- ดำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-10 เซนติเมตร ผิวเรียบ ก้านดอกสีขาวนวล-น้ำตาล มีแผ่นเนื้อเยื่อติดก้านดอกและขอบหมวกขณะดอกยังอ่อน และขาดแยกจากขอบหมวกมายึดติดกับก้านดอกหรือหลุดเมื่อดอกเจริญเต็มที่ พิมพ์สปอร์รูปไข่ สีน้ำตาลอมเหลือง ขนาด 9-11 × 5-7 ไมโครเมตร (ภาพ 2.1)

ภาพ 2.1 ลักษณะของช่อดอกเห็ดยานางิ

วงชีวิตและการดำรงชีวิตของเห็ดยานางิ (Raper, 1978; วิจัย, 2551; พิไลพรรณ, 2525) (ภาพ 3)

เห็ดยานางิมีวงจรชีวิตแบบ heterothallic มีการเจริญเติบโต 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การงอกของเบสิดิโอสปอร์ (basidiospore) เมื่อสปอร์อยู่ในบริเวณที่เหมาะสมแล้วจะเจริญเป็นเส้นใย

2. เส้นใยเจริญเป็นเส้นใยที่มีนิวเคลียสแบบเดียว และเป็น haploid เรียกว่า homokaryotic hypha จัดเป็นเส้นใยขั้นต้น (primary hypha) สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างอิสระ เส้นใยอาจจะผ่านวงจรการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศหรือไม่ก็ได้ และถ้าผ่านจะมีการสร้างคลาไมโดสปอร์ (chlamydospore) หรือออยเดีย (oidia)

3. เส้นใยขั้นต้นที่เจริญเต็มที่จะมีการมารวมตัวกัน (hyphal fusion : somatogamy) เชื่อมกัน แล้วถ่ายนิวเคลียสเข้าไปอยู่ในเซลล์เดียวกัน แล้วเจริญเป็นเส้นใยขั้นที่สอง (secondary mycelium) ดังนั้นภายในเซลล์แต่ละเซลล์ของเส้นใยขั้นที่สองจะมีนิวเคลียส 2 อัน ที่มีสารพันธุกรรมแตกต่างกัน เส้นใยขั้นที่สอง แต่ละเซลล์จะมีข้อยึดระหว่างเซลล์เรียกว่า clamp connection เส้นใยนี้สามารถขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยการสร้างคลาไมโดสปอร์ หรือออยเดีย คลาไมโดสปอร์ที่มีนิวเคลียสชนิดเดียวจะเจริญเป็นเส้นใยที่มีนิวเคลียสแบบเดียว (monokaryon) ถ้ามีนิวเคลียส 2 แบบจะเจริญเป็นเส้นใยที่มีนิวเคลียสคู่ (heterokaryon)

4. เส้นใยจะเจริญโดยมีการรวมตัวกันแล้วพัฒนาเป็นดอกเห็ด (fruiting body)

5. เนื้อเยื่อของดอกเห็ดพัฒนาไปเป็นเบสิเดียม (basidia) แต่ละเบสิเดียม (basidium) มีสองนิวเคลียส มีรูปร่างเป็น club-shaped

6. นิวเคลียสสองอันในแต่ละเบสิเดียมรวมกัน มีการแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรม นิวเคลียสระยะนี้เรียกว่า diploid nucleus (2n)

7. นิวเคลียสที่รวมตัวกันจะมีการแบ่งตัวแบบ ไมโอซิสทันที แล้วรวมตัวกันอีกครั้ง และเคลื่อนไปอยู่ในเซลล์บน stalk like (sterigma) เพื่อพัฒนาไปเป็นเบสิดิโอสปอร์ (basidiospore)

8. สปอร์ถูกปล่อย ซึ่งนิวเคลียสมักจะแบ่งตัวแบบไมโตซิสก่อนสปอร์จะงอก

ลักษณะการเจริญเติบโต

ระยะเส้นใย : เส้นใยเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด PDA มีสีขาว และเต็มจานแก้วเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ในเวลาประมาณ 8 ± 1 วัน ที่อุณหภูมิ 29 ± 1 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนเป็นจุดน้ำตาลบ้างเมื่ออายุมากกว่า 2 สัปดาห์ เส้นใยเจริญได้ทั้งที่มีและไม่มีแสงสว่าง ดอกเห็ดเกิดบนอาหารวุ้นที่มีน้ำตาลไซโลสในสภาวะที่มีแสงสว่างมีแสงสว่าง

ระยะหัวเชื้อ : เส้นใยเจริญเต็มเมล็ดข้าวฟ่าง 100 กรัม ในเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 29 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-95% เส้นใยเจริญได้ดีที่มีและไม่มีแสงสว่าง ดอกเห็ดเกิดในขวดอาหารข้าวฟ่างเมื่อเชื้ออายุได้ 1 เดือน และมีแสงสว่าง

ระยะบ่มเชื้อ : เส้นใยเจริญเต็มอาหารผสมขี้เลื่อย 800 กรัม ในเวลาประมาณ 30 วัน ที่อุณหภูมิ 27 ± 3 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีขาวนวล และสีน้ำตาลเข้ม

ระยะออกดอก : เห็ดออกดอกเก็บได้ 5-6 ครั้ง ในระยะเวลา 2-3 เดือน ที่อุณหภูมิ 27 ± 3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 10% ต้องการแสงสว่าง

ผลผลิตเฉลี่ย

100-250 กรัม/ถุง (อาหารผสมขี้เลื่อย 800 กรัม) เพาะได้ตลอดปี ให้ผลผลิตสูงช่วงฤดูฝน

การจัดจำแนกเห็ดนางรมดอย (เกษม, 2537; Mush World, 2004)

Kingdom Fungi
Division Basidiomycota
Class Basidiomycetes
Order Agaricales
Family Tricholomataceae
Genus *Pleurotus*
Species *Pleurotus ostreatus*

ลักษณะเห็ดนางรมดอย (สมฤดี, 2546; ธนพันธุ์, 2537)

เห็ดนางรมดอยมีหมวกดอก (cap) หรือ (pileus) ลักษณะคล้ายหอยนางรม หมวกดอกแบนราบ กลางหมวกดอกเว้าเป็นแอ่ง มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 - 15 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่ได้ถึง 30 เซนติเมตร หมวกดอกมีสีขาวหรือสีเทา แต่หมวกดอกจะมีสีเดียวกับก้านดอก มีก้านดอก (stalk) เป็นส่วนที่ใช้ชูก้านดอกขึ้นไปในอากาศ ก้านดอกค่อนข้างสั้น ความยาว 1 - 4 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.5 - 2 เซนติเมตร และเจริญเข้าหาแสง มีครีบดอก (gills) เป็นส่วนที่อยู่ใต้หมวกดอก มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ สีขาวหรือสีเทาที่บริเวณดอกจะเป็นแหล่งสร้างสปอร์ เบสิดิโอสปอร์ (basidiospores) รูปร่างรี ทรงกระบอก มีผนังบางรอยพิมพ์สปอร์มีสีขาว หรือเทาน้ำเงิน ขนาดสปอร์ 8 - 11 X 3-4 ไมโครเมตร (ภาพ 2.2)

ภาพ 2.2 ลักษณะของช่อดอกเห็ดนางรมดอย

ลักษณะการเจริญเติบโต (ประไพศรี, 2541)

ระยะเส้นใย : เส้นใยเจริญได้ดีบนอาหาร พี ดี เอ และเต็มจานแก้วเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ในเวลาประมาณ 8-10 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ระยะหัวเชื้อ : เส้นใยเจริญเต็มเมล็ดข้าวฟ่างนึ่งฆ่าเชื้อ 170 กรัม (น้ำหนักเปียก) ในเวลาประมาณ 11-13 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ระยะบ่มเชื้อ : เส้นใยเจริญเต็มอาหารผสมขี้เลื่อย (1,000กรัม) ในเวลาประมาณ 30-40 วัน ที่อุณหภูมิ 30 – 35 องศาเซลเซียส

ระยะดอก : เห็ดออกดอกเก็บได้นาน 2-3 เดือน ที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-85%

ผลผลิตเฉลี่ย 200-300 กรัม/ถุง ผลผลิตสูง เนื้อดอกแน่นน้ำหนักดี เมื่อเพาะในช่วง อุณหภูมิ 22-26 องศาเซลเซียส

วงชีวิตและการดำรงชีวิตของเห็ดนางรมดอย (Raper, 1978; วิจัย, 2551; พิไลพรรณ, 2525) (ภาพ 2.3)

1. ดอกเห็ดนางรมดอยเมื่อโตเต็มที่จะสร้างสปอร์บริเวณครีบ โดยการปล่อยสปอร์เมื่อแก่ออกเป็นระยะ ๆ

2. เมื่อดอกเห็ดปล่อยสปอร์ออกมาแล้ว สปอร์ก็ปลิวไปตามกระแสลม

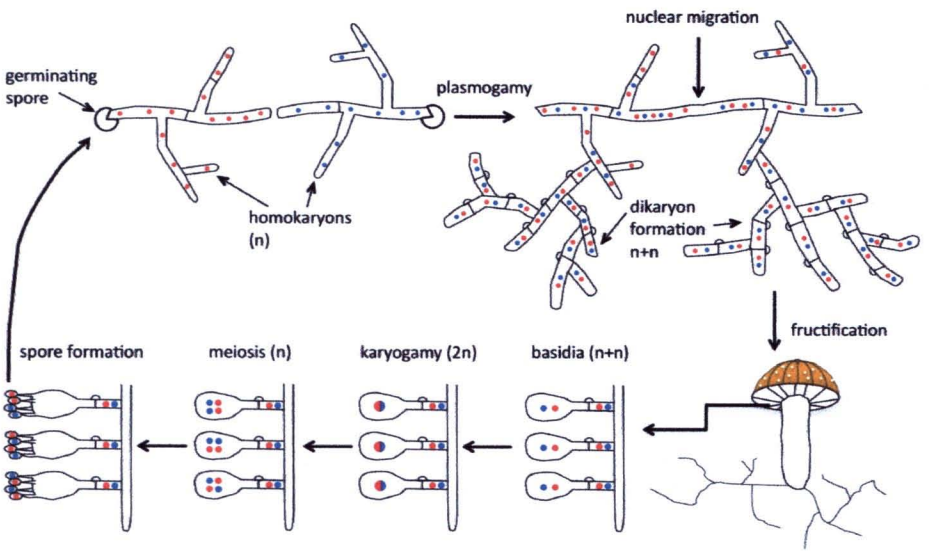
3. เมื่อสปอร์ปลิวไปตกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ก็จะงอกออกมาเป็นเส้นใยขั้นต้นมี 1 นิวเคลียส

4. เส้นใยขั้นที่ 1 เมื่อเจริญเต็มที่แล้ว ก็จะมารวมตัวกัน ซึ่งอาจมาจากต่างสปอร์กัน การรวมตัวของเส้นใยขั้นที่ 1 เป็นการเชื่อมกันแล้วถ่ายทอดนิวเคลียสมาอยู่ในเซลเดียวกันกลายเป็นเส้นใยขั้นที่ 2

5. หลังจากเส้นใยขั้นที่ 1 รวมตัวกันเป็นเส้นใยขั้นที่ 2 แล้ว ก็จะเจริญเติบโตและสร้างเส้นใยเห็ดแทนเส้นใยขั้นที่ 1 อย่างรวดเร็วบนอาหาร

6. เมื่อเส้นใยขั้นที่ 2 เจริญบนอาหารและโตเต็มที่แล้ว จะสะสมอาหารแล้วรวมตัวกันอีกครั้งเพื่อสร้างดอกเห็ดต่อไป

7. ดอกเห็ดนางรมดอยที่เกิดจากการรวมตัวของเส้นใยเห็ดขั้นที่ 2



ภาพ 2.3 วงชีวิตของเห็ดยานางิและเห็ดนางรมดอย

ที่มา : http://www.thaigreenagro.com/aticle.aspx?id=7047

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเห็ด

1.สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญของเห็ด (บริรักษ์, 2544; ประพันธ์, 2553)

1.1 อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการเจริญของเห็ด โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญของเห็ดแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญในระยะเส้นใยและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสร้างดอกเห็ด ในช่วงอุณหภูมิ 15-20 องศาเซลเซียส เส้นใยจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อัตราการเจริญของเส้นใยจะลดลงเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียส เส้นใยของเห็ดนางรมสามารถเจริญได้ดีถึงอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสร้างดอกเห็ดอยู่ระหว่าง 21-26 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 31 องศาเซลเซียส จะไม่มีการสร้างดอกเห็ด

2.2 ความชื้น เห็ดต้องการสภาพความชื้นของอากาศค่อนข้างสูง สภาพของโรงเรือนควรมีความชื้นสัมพัทธ์ ไม่ต่ำกว่า 80-85เปอร์เซ็นต์ เพราะสภาพความชื้นของอากาศมีความสำคัญต่อการพัฒนาของดอกเห็ดมาก การเพิ่มความชื้นในวัสดุเพาะทำได้โดยการรดน้ำ แต่ต้องระวังให้มากเกินไป เพราะจะทำให้เส้นใยชะงักการเจริญ หรืออาจมีจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น แบคทีเรีย เจริญมากเกินจนไปแทนที่เส้นใยเห็ดได้ และการที่ปล่อยให้ชื้นมากเกินไปอาจทำให้อากาศในวัสดุเพาะลดลง ขาดออกซิเจน เส้นใยอาจเจริญไม่ดีหรือไม่เจริญจนกระทั่งตายได้ แต่ถ้าทิ้งไว้ให้แห้งจนเกินไป อาจทำให้เส้นใยขาดน้ำเนื่องจากการสูญเสียน้ำออกไปจากเส้นใย หรือขาดอาหารเนื่องจากสารอาหารไม่ละลาย จึงทำให้เส้นใยไม่เจริญ

3.3 แสงสว่าง (ณัฐ, 2550) เห็ดไม่สามารถปรุงอาหารเองได้ ต้องอาศัยอาหารจากเศษพืชและอินทรีย์วัตถุ แสงไม่มีความจำเป็นในการเจริญของเห็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่เส้นใยกำลังเจริญ หากมีแสงสว่างมากจะทำให้เส้นใยเจริญเติบโตช้าลง ฉะนั้นในระยะของการบ่มก้อนเชื้อเพื่อเลี้ยงเส้นใย ควรทำในโรงเรือนที่มีแสงสว่างน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามแสงมีความจำเป็นในการกระตุ้นให้เส้นใยรวมตัวกันเพื่อให้เกิดดอกเห็ดได้เร็วขึ้น ในระยะเห็ดออกดอก หากมีแสงน้อยเกินไปจะทำให้ดอกเห็ดไม่สมบูรณ์

4.4 อากาศ

4.4.1 ออกซิเจน เห็ดต้องการก๊าซออกซิเจนทั้งในระยะเส้นใยและระยะการพัฒนาไปเป็นดอกเห็ด ในระยะเส้นใยเห็ดสามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนน้อย และต้องการออกซิเจนมากในระยะการพัฒนาไปเป็นดอกเห็ด

4.4.2 คาร์บอนไดออกไซด์ ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมกับการเจริญของเห็ดขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ช่วยกระตุ้นการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมอยู่ที่ 28 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แต่เมื่อมีสูงถึง 37.5 เปอร์เซ็นต์จะยับยั้งการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรม

5.5 ความเป็นกรด- ด่าง (pH)

ในสภาพธรรมชาติเห็ดนางรมชอบเจริญบนท่อนไม้หรือตอไม้ที่มี pH ระหว่าง 5.0-6.0 สำหรับอาหารวุ้นที่ใช้ในการเลี้ยงเส้นใยของเห็ดนางรมบริสุทธิ์นั้นจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.0-6.2 ส่วนการเลี้ยงเห็ดนางรมในวัสดุเพาะนั้นระดับ pH ที่ต่ำกว่า 5.0 และสูงกว่า 7.0 จะมีผลทำให้เส้นใยเดินเต็มก้อนวัสดุช้ากว่าปกติ

2. ธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญของเห็ด (ประพันธ์, 2553; ศราวุฒิ, 2546; ลักษณา, 2543)

เห็ดไม่สามารถสังเคราะห์อาหารขึ้นได้เองเพราะเป็น heterotroph จึงจำเป็นต้องอาศัยอาหารสำเร็จรูปจากแหล่งต่างๆ เช่น ไม้ผุหรือปุ๋ยหมัก เป็นต้น เห็ดที่สามารถเพาะในถุงพลาสติก เช่นเห็ดยานางิ และเห็ดนางรมดอย สามารถย่อยอาหารเชิงซ้อนโดยเฉพาะพวกที่ให้พลังงานได้ เช่น ธาตุคาร์บอนที่อยู่ในรูปเชิงซ้อน ได้แก่ ลิกนิน (lignin) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โดยเส้นใยเห็ดมีเอนไซม์ ทำการย่อยสารอาหารด้วยตัวมันเองได้ และนำไปเป็นพลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโต และแบ่งเซลล์ จึงสามารถใช้วัสดุเพาะได้โดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องทำการหมักเสียก่อน ยกเว้น วัสดุบางชนิดที่มียางที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด หรือเป็นวัสดุที่แข็งยากต่อการนำเอาไปบรรจุถุง เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ขี้เลื่อยไม้เบญจพรรณ เป็นต้น ควรทำการหมักให้นิ่ม หรือให้จุลินทรีย์ช่วยย่อยในระดับหนึ่งก่อน แต่ไม่ถึงกับหมักจนเน่าสลายเหมือนการหมักปุ๋ยให้แก่ เห็ดฟาง เห็ดแชมปิยอง ธาตุอาหาร เกลือแร่ และวิตามินหลัก ที่เห็ดต้องการมีเช่นเดียวกับพืชทั่วๆไป จะต่างกันเพียงรูปของธาตุอาหารเท่านั้น ธาตุอาหารที่เห็ดต้องการมีมากมายหลายอย่าง แต่ละชนิดมีความสำคัญ แต่ใช้ในปริมาณที่ต่างกันเท่านั้น

2.1 ไนโตรเจน (nitrogen) (บริรักษ์, 2544)เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน และกรดต่างๆ ภายในเซลล์ การเจริญของเห็ดจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าปราศจากโปรตีน ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปอินทรียสารมีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยมากที่สุด ส่าเหล้า กากถั่วป่น กากเมล็ดฝ้าย นุ่น ละหุ่ง ปาล์ม น้ำมัน รำละเอียด ใบกระถินป่น เป็นต้น เป็นแหล่งของไนโตรเจนที่นิยมใชในการเพาะเห็ด ไนโตรเจนไม่มีผลต่อการพัฒนา primodia และผลผลิตของเห็ด แต่จากการศึกษาพบว่าไนโตรเจนในรูปของอาร์จีนีนจะช่วยกระตุ้นให้เห็ดออกดอกมากขึ้น

2.2 คาร์บอน (Carbon) ตามปกติเห็ดต้องการอาหารประเภทคาร์บอนเพื่อใช้ในการเจริญและเป็นแหล่งพลังงานแก่เห็ด แหล่งอาหารประเภทคาร์บอนได้แก่ กลูโคส ไซโลส และฟรุคโตส ซึ่งจัดเป็นอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก แต่ในวัสดุเพาะเห็ดมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ได้แก่ เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เห็ดนางรมสามารถย่อยสารเหล่านี้ได้โดยใช้เอนไซม์ cellulase ย่อยสลาย

2.3 กำมะถัน (Sulfur) โดยทั่วไปเห็ดมีความต้องการกำมะถันในการเจริญในระดับหนึ่ง ในอาหารวุ้นที่ใช้เลี้ยงเห็ดหากมีกำมะถันอยู่บ้างก็จะทำให้เห็ดส่วนใหญ่มีการเจริญที่ดี กำมะถันที่ใช้ในอาหารเลี้ยงเชื้อโดยมากจะอยู่ในรูปดีเกลือ ($MgSO_4.7H_2O$)

2.4 ฟอสฟอรัส (Phosphorus) (บริรักษ์, 2544) เห็ดนางรมต้องการฟอสฟอรัสในการเจริญ โดยฟอสฟอรัสมีบทบาทในการเพิ่มประสิทธิภาพของเห็ดในการนำสารพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหาร แต่ต้องการเพียงเล็กน้อยเท่านั้น มีผลทำให้เส้นใยเห็ดเจริญเข้าไปในวัสดุเพาะรวมตัวกันเป็นดอกเห็ดได้เร็วยิ่งขึ้น แต่หากใส่มากเกินไปดอกเห็ดจะมีก้านยาวสีซีด ดอกมีขนาดเล็กไม่ค่อยสมบูรณ์

3. การใส่อาหารเสริม (ณัฐ, 2550; พงศักดิ์, 2539; บรรณ, 2546)

3.1 รำละเอียด นิยมเติมเป็นอาหารเสริมกันมากที่สุด เพราะอุดมไปด้วยโปรตีนและวิตามินบี ซึ่งเห็ดต้องการมาก แต่เนื่องจากรำมีคุณค่าทางอาหารสูงจึงเป็นที่ต้องการของเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ที่เป็นศัตรูเห็ดด้วย ดังนั้นหากเติมรำมากไป โอกาสที่ก้อนเชื้อจะถูกรบกวน หรือเสียหายเนื่องจากเชื้อราจึงมีอยู่มาก

3.2 ปูนขาว การใส่ปูนขาวเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของวัสดุเพาะ เพราะเห็ดนางรมเจริญเติบโตในสภาพที่เป็นกลาง ถ้าเป็นกรดหรือเป็นด่างมากจนเกินไป จะทำให้ธาตุอาหารบางอย่างละลายออกมามากเกินไป จนเป็นพิษต่อเห็ด

3.3 ดีเกลือ มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาวคล้ายน้ำตาล ที่ใช้ดีเกลือเพราะมีธาตุแมกนีเซียม ซึ่งช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเส้นใย และเร่งการเกิดดอกเห็ดทำให้ออกเร็วขึ้น แต่ไม่ควรใส่มากเกินไป เพราะจะทำให้ดอกเห็ดมีก้านยาว หมวกดอกเล็ก โดยปกติจะเติมดีเกลือลงไปประมาณ 0.2%

การผลิตเห็ดยานางิและเห็ดนางรมดอยและการปฏิบัติจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว
(ศูนย์วิจัยเห็ดเขตหนาว, 2544)

เห็ดเขตอบอุ่นมักจะได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ขั้นตอนในการผลิตเห็ด ทำการร่อนขี้เลื่อยเพื่อแยกกากที่มีขนาดใหญ่ออก จากนั้นนำไปหมักน้ำทิ้งไว้ 12 - 18 ชั่วโมง ผสมขี้เลื่อยกับสูตรอาหารดังนี้

ขี้เลื่อย 200 กิโลกรัม รากมอลต์ 20 กิโลกรัม รำมอลต์ 20 กิโลกรัม กากน้ำตาล 2 กิโลกรัม ดีเกลือ 1 กิโลกรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม และข้าวฟ่างบด 2 กิโลกรัม ปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ระหว่าง 6.0 - 7.0 ความชื้นประมาณ 65% บรรจุในขวดพลาสติกทนร้อน และทำการนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นจึงใส่เชื้อเห็ดถ่ายเชื้อเห็ดในห้องปลอดเชื้อ ก่อนการใช้ห้องต้องมีการทำความสะอาดห้องด้วยการพ่นแอลกอฮอล์ 70 % และเปิดหลอด UV เพื่อฆ่าเชื้อเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นบ่มเชื้อในห้องที่สะอาด ไม่มีฝุ่นละออง เชื้อ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

โรคและแมลง ปล่อยให้เชื้อสะสมความสมบูรณ์อีกประมาณ 15 วัน จากนั้นแคะเส้นใยบริเวณหน้าก้อนเชื้อเห็ดเพื่อกระตุ้นการออกดอก จึงนำไปเข้าห้องเพาะดอกที่อุณหภูมิ 10 - 15 องศาเซลเซียส ความชื้น 80 - 95 % เห็ดเขตหนาวเหมาะที่จะเพาะเป็นอุตสาหกรรม สามารถควบคุมการผลิตได้ทุกขั้นตอน และใช้เครื่องมือช่วยได้เกือบทั้งกระบวนการ ปัจจุบันการผลิตมีไม่มากยังไม่ถึงขั้นอุตสาหกรรม จึงไม่พบเห็ดนางรมดอยมากนักในตลาดทั่วไป คุณค่าทางโภชนาการต่างๆ ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน แป้ง เยื่อใย เถ้า วิตามินและเกลือแร่ต่างๆ มีรายงานจากญี่ปุ่นว่าน้ำสกัดของเห็ดนางรมดอยมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้ดี

วัสดุที่นิยมใช้เป็นวัสดุหลักในการเพาะเห็ดนางรม ส่วนใหญ่นิยมใช้ขี้เลื่อย ซึ่งเป็นวัสดุที่หาง่ายราคาถูก เพาะได้สะดวก สามารถใช้ได้ทั้งขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็งและขี้เลื่อยไม้เนื้ออ่อน ขี้เลื่อยที่นำมาใช้ ต้องไม่เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด เช่น ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ไม้มะม่วง ไม้นุ่น ไม้ก้ามปู เป็นต้น ส่วนขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็งนั้น ถ้าจะนำมาใช้ต้องนำมาหมักเสียก่อน เพื่อช่วยย่อยสลายและเพิ่มธาตุอาหารบางชนิดลงไป ก่อนที่จะนำไปใช้ (ดีพร้อม, 2523)

จุลินทรีย์ที่ขึ้นปนเปื้อนในกระบวนการผลิตเห็ด (อภิรัชต์และคณะ, 2551)

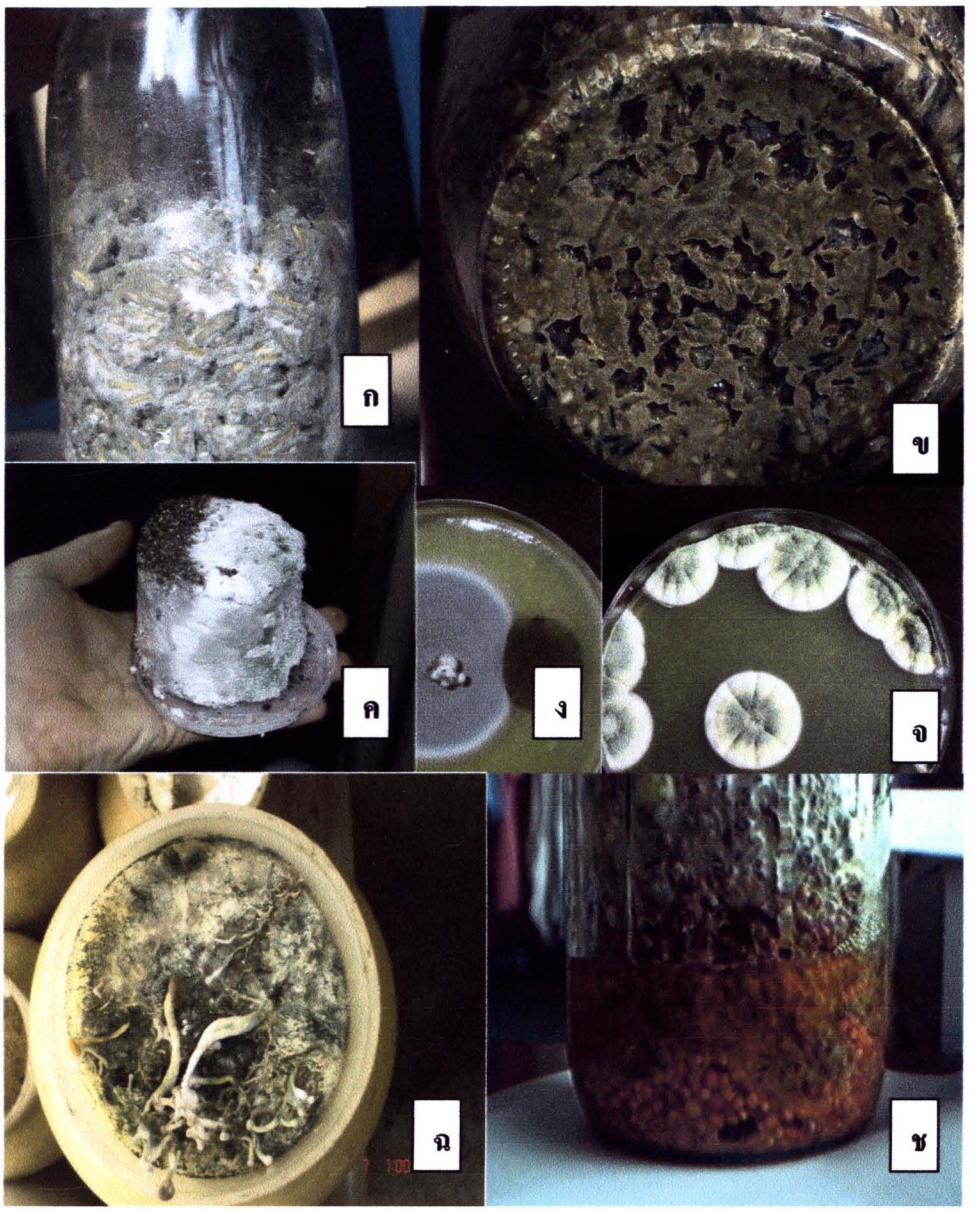
การเพาะเห็ดเพื่อการค้าเป็นการผลิตเห็ดในปริมาณมากจำเป็นต้องอาศัยการดูแลจัดการอย่างดีทุกขั้นตอน ตั้งแต่ระยะเห็ดเป็นเส้นใย จนถึงระยะสร้างดอกเห็ด ความสะอาดเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตเห็ดต้องใส่ใจอย่างยิ่งในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นตอนการผลิตแม่เชื้อเห็ดหรือเชื้อขยาย ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการผลิตเห็ด หากเกิดปัญหาการปนเปื้อนหรือการเข้าทำลายของแมลง ไร และเชื้อจุลินทรีย์ในเชื้อเห็ดทั้งในอาหารวุ้นหรือในขวดเมล็ดข้าวฟ่าง ย่อมทำให้การเพาะเห็ดในขั้นตอนต่อไปไม่ประสบความสำเร็จ การปนเปื้อนเนื่องจากเชื้อราถือว่าเป็นการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่สร้างปัญหาให้กับผู้ผลิตเชื้อเห็ดมากที่สุด เพราะนอกจากไม่สามารถนำเชื้อเห็ดที่เกิดการปนเปื้อนไปผลิตเห็ดหรือจำหน่ายให้แก่ผู้ผลิตดอกเห็ดได้แล้ว ยังสูญเสียเงินทุนในการผลิตเชื้อเห็ดจำนวนมหาศาลอีกด้วย นอกจากนั้นหากผู้ผลิตเชื้อเห็ดหรือเกษตรกรผู้เพาะเห็ดไม่มีความรู้ความเข้าใจหรือรู้จักสังเกตการปนเปื้อนจากเชื้อรา เมื่อนำเชื้อเห็ดไปขยายต่อ ย่อมทำให้เกิดการสูญเสียในขั้นตอนการผลิตดอกเห็ดอย่างมากด้วยเช่นกัน แม้นักวิชาการหรือผู้ผลิตเห็ดรายใหญ่มีความเข้าใจถึงปัญหาดังกล่าวนี้เป็นอย่างดีแล้วก็ตาม แต่ระบบการปฏิบัติจริงเพื่อป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนทั้งจากแมลง ไร หรือเชื้อจุลินทรีย์ในประเทศไทยยังคงไม่ได้ผลการผลิตเชื้อเห็ดยังคงเกิดปัญหาและสูญเสียรายได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก ดังเช่นเกษตรกรผู้ผลิตเห็ดในจังหวัดนครปฐมและราชบุรีประสบมาตั้งแต่ต้นปี 2547 (อภิรัชต์, 2551) ความเสียหายจากการเชื้อราปนเปื้อนในฟาร์มผลิตเชื้อเห็ดในพื้นที่ต่างๆ พบว่าแต่ละฟาร์มมีระดับความเสียหายตั้งแต่ 5-20 เปอร์เซ็นต์ และพบเชื้อราปนเปื้อนที่เก็บรวบรวมได้ 12 จีนัส (ตาราง 2.2) ดังนั้นถ้าหากมีการปนเปื้อนเกิดขึ้นในขั้นตอนใด

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 2 2 พ.ย. 2553
เลขทะเบียน 190789
เลขเรียกหนังสือ

ขั้นตอนหนึ่ง จึงควรรีบหาสาเหตุและทำการแก้ไขทันที การปนเปื้อนในหัวเชื้อเห็ด ที่ทำจากข้าวฟ่าง เมล็ดธัญพืช หรือขี้เลื่อย อาจเกิดได้จากเชื้อรา
แบคทีเรีย และไวรัส โดยมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้ (ภาพ 2.4)

ตาราง 2.2 เชื้อราปนเปื้อนที่แยกได้จากหัวเชื้ออาหารวุ้น และหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง (อภิรัชต์, 2551)

จีนัสของเชื้อราปนเปื้อน	ชนิดของเชื้อราปนเปื้อน
Aspergillus	*Aspergillus flavus*
	Aspergillus fumigatus
	Aspergillus japonicus
	Aspergillus niger
	Aspergillus parasiticus
Botryodiplodia	*Botryodiplodia* sp. *(Lasiodiplodia* sp.*)*
Cladosporium	*Cladosporium cladosporioides*
Curvularia	*Curvularia lunata*
Fusarium	*Fusarium semitectum*
Monilia	*Monilia* sp.
Mucor	*Mucor* sp.
Nigrospora	*Nigrospora* sp.
Paecilomyces	*Paecilomyces* sp.
Penicillium	*Penicillium citrinum*
	Penicillium oxalicum
Rhizopus	*Rhizopus* sp.
Trichoderma	*Trichoderma harzianum*
	Trichoderma koningii
	Trichoderma virens



ภาพ 2.4 การปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตเห็ด (อัจฉรา, 2551; อภิรัชต์, 2551; Coles, 2002)

ก) เชื้อราปนเปื้อนในหัวเชื้อเมล็ดข้าวเหนียว

ข) และ ช) แบคทีเรียปนเปื้อนในหัวเชื้อเมล็ดข้าวฟ่าง

ค) และ ฉ) เชื้อราปนเปื้อนในก้อนเชื้อเห็ด

ง) และ จ) เชื้อราปนเปื้อนในหัวเชื้ออาหารวุ้น

การปนเปื้อนจากเชื้อรา (ปริญญาและคณะ, 2552)

ในระยะแรกจะไม่สามารถบ่งบอกได้ถึงลักษณะการปนเปื้อนของเชื้อรา อาจสังเกตเห็นเพียงเส้นใยเชื้อเห็ดเจริญช้ากว่าปกติ หรือเจริญไม่สม่ำเสมอ แต่หลังจากนั้น 5-7 วัน จะปรากฏเชื้อราสีเขียวหม่น หรือสีเทาดำ หรือชมพูอมส้ม เจริญร่วมกับเส้นใยเชื้อเห็ด สำหรับเชื้อราปนเปื้อนที่ตรวจพบโดยทั่วไปในหัวเชื้อเห็ด มีดังนี้

1. รากลุ่มราเขียว เช่น *Aspergillus* sp., *Gliocladium* sp., *Penicillium* sp. และ*Trichoderma* sp.
2. ราดำ เช่น *Aspergillus* sp. และ *Botryodiplodia* sp.
3. ราสีส้ม เช่น *Monilia* sp. และ *Neurospora* sp.
4. ราเม็ดผักกาด เช่น *Sclerotium* sp.
5. ราอื่นๆ เช่น *Fusarium* sp., *Mucor* sp.และ*Rhizopus* sp.

ราเหล่านี้มีลักษณะของโคโลนี และสีที่แตกต่างกันเห็นได้ชัดเจน ถ้าเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ในขวดหัวเชื้อที่เป็นขวดแบน จะพบว่ามีทั้งราสีดำ สีเหลือง สีชมพู สีเทา ราสีเขียว และราสีแดง เนื่องจากราเขียวบางชนิดสร้างสารสีแดงทำให้สีของเชื้อเห็ดในขวดเปลี่ยนไป ราเขียวเจริญได้ดีในระยะบ่มเชื้อเห็ด เนื่องจากระยะนี้เป็นระยะเริ่มสร้างเส้นใย ต่อมาเมื่อเชื้อราสร้างสปอร์หรือส่วนขยายพันธุ์จำนวนมาก สปอร์ซึ่งใสและมีสีเขียวอ่อน เมื่อรวมตัวกันมากๆ จะเห็นเป็นสีเขียวชัดเจน โดยเฉพาะหลังจากเขย่าขวดครั้งแรก เส้นใยเชื้อราจะกระจายไปทั่วขวด ทำให้เห็นสีเขียวชัดเจนปนไปกับเมล็ดข้าวฟ่างทั่วทั้งขวด ในกรณีของเชื้อราดำก็เช่นเดียวกัน เชื้อราจะกระจายไปตามเมล็ดข้าวฟ่าง ทำให้เห็นสีดำเป็นแห่งๆส่วนราสีส้มมักจะเกิดการเจริญของราที่จุกสำลีก่อน แล้วลุกลามลงไปในขวด เนื่องจากเมื่อจุกสำลีชื้นหรือปากขวดไม่สะอาดราสีส้มจะตกลงมา แล้วงอกเส้นใยเจริญต่อไป

การป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อรา (ปริญญาและคณะ, 2552)

1. ตรวจสอบความสะอาดและความบริสุทธิ์ของหัวเชื้อก่อนซื้อ
2. การถ่ายเชื้อหรือใส่เชื้อ ควรทำในห้องสะอาดปราศจากฝุ่นละอองหรือเชื้อโรคอื่นๆ หรือบริเวณไม่มีอากาศถ่ายเท
3. คัดแยกถุงเห็ดเสีย ถุงเห็ดแตก หรือถุงที่มีจุกสำลีชื้นแยกออกนำไปนึ่งใหม่หรือเผาเพื่อลดการระบาดของเชื้อรา
4. รักษาความสะอาดของโรงเพาะและบริเวณทั่วไปรอบๆฟาร์ม

5. เมื่อเก็บผลผลิตหมดแล้ว ควรพักโรงเรือนประมาณ 2-3 สัปดาห์ เพื่อทำความสะอาดและฉีดยาฆ่าแมลงหรือเชื้อราที่อาจซุกซ่อนตามพื้น และเสาโรงเรือน ก่อนเห็ดชุดใหม่เข้ามา ถ้าเป็นไปได้ควรแยกโรงเรือนบ่มกับโรงเรือนเปิดดอกต่างหาก

การปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรีย (สาวิตรีและศราวุฒิ, 2551)

ลักษณะการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียจะปรากฏให้เห็นอย่างช้าๆ โดยระยะแรกดูเหมือนว่าเชื้อเห็ดเจริญเป็นปกติ ต่อมากลุ่มเชื้อเห็ดเจริญอยู่เฉพาะบริเวณ เส้นใยเจริญช้าลง และเริ่มมีน้ำเยิ้ม เมื่อดมดูมีกลิ่นเหม็น เช่น โรคเน่าสีน้ำตาล เกิดจากเชื้อสาเหตุ *Pseudomonas tolaasii* ลักษณะของหมวกดอกด้านบนเป็นจุดสีเหลืองอ่อน แล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลขยายไปทั่วหมวกดอก ส่วนแผลที่ก้านดอกเป็นปื้นสีเหลืองหรือสีน้ำตาลแดง แผลนี้ยุบตัวได้ ทำให้น้ำไปเกาะที่ส่วนนี้เป็นเหตุให้เกิดการกระจายตัวของเชื้อแบคทีเรีย ความเสียหายที่เกิดขึ้นคือ ดอกเห็ดมีขนาดเล็กกว่าปกติ ผิวหมวกมีวีน้ำตาลอ่อนช้ำง่าย ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด หรือ โรคจุดสีน้ำตาลและโรคเน่าเหลือง เกิดจากเชื้อสาเหตุ *Pseudomonas fluorescens* เป็นเชื้อแบคทีเรียกลุ่มเรืองแสง อาการเริ่มแรกสังเกตได้จากดอกเห็ดที่โผล่พ้นคอขวด บางดอกมีสีเหลืองซีด บางดอกมีลักษณะม้วนงอไม่สมบูรณ์ดอกไม่พัฒนา ส่วนดอกที่เจริญออกมาได้หมวกดอกไม่บานเต็มที่ กลุ่มของช่อดอก 2-4 ก้าน ครีบเป็นกระจุก หมวกดอกด้านบนและด้านล่างรวมทั้งก้านดอกมีสีน้ำตาลอ่อนประปลาย ในเห็ดสกุลนางรมดอกเห็ดที่ได้มีขนาดเล็กสีเหลือง บางดอกมีลักษณะม้วนงอ ดอกเห็ดเหี่ยวเหลืองทั้งกระจุกและไม่พัฒนา ปกติในเห็ดรุ่นที่สองอาจมีอาการปกติหรือไม่มีอาการก็ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณและการแพร่กระจายของเชื้อ

การป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรีย (สาวิตรีและศราวุฒิ, 2551)

การป้องกันกำจัดเชื้อแบคทีเรีย โดยทั่วไปมักจะหลีกเลี่ยงภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตได้แก่

1. ลดความชื้นในโรงเพาะไม่ให้เกิน 80-85%
2. การรดน้ำควรให้ผิวหน้าดอกเห็ดแห้งภายใน 3 ชั่วโมง หลังการให้น้ำทุกครั้ง ไม่ควรให้มีหยดน้ำค้างบนเห็ด
3. ถ้าจำเป็นต้องใช้สารเคมีให้รดน้ำคลอรีนอัตราส่วน 250-300 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 40 แกลลอน หรือ 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การปนเปื้อนจากเชื้อไวรัส (ปริญญาและคณะ, 2552)

พบครั้งแรกในปี พ.ศ. 2527 ลักษณะอาการที่หมวกดอกม้วนขึ้นหรืองอลง ดอกมีขนาดเล็ก ขอบดอกไม่เรียบ เมื่อถูกน้ำจะฉ่ำน้ำกว่าปกติ หรือดอกเห็ดแคระแกร็น ช่อดอกสั้นเป็นกระจุก เชื้อไวรัสของเห็ดนางรม ลักษณะการปนเปื้อนจากเชื้อไวรัสนั้นสังเกตได้ยาก เพราะในระยะเส้นใยเชื้อเห็ดอาจเจริญเป็นปกติทุกอย่าง จนกระทั่งเห็ดออกดอกจึงปรากฏอาการเกิดขึ้น การเกิดเชื้อไวรัสในระยะนี้ต้องระมัดระวังอย่าใช้ดอกเห็ดต่อเชื้อ เพราะจะทำให้เกิดการระบาดของโรค แต่บางครั้งอาจสังเกตได้ จากเส้นใยเจริญช้าลงกว่าปกติ และเกิดการแบ่งโซนที่การเจริญไม่สม่ำเสมอ เหมือนลักษณะการผิดปกติของเส้นใย

การป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อไวรัส (ปริญญาและคณะ, 2552)

1. ตรวจสอบเทคนิคการทำให้ปราศจากเชื้อปนเปื้อน (aseptic tehnique)
2. ดูแลให้อยู่ในสภาพการปลอดเชื้อ (aseptic condition) ในส่วนของภาชนะบรรจุหัวเชื้อเห็ด
3. ไม่ใช้ดอกเห็ดที่สงสัยว่าจะเป็นโรคนี้ไปทำพันธุ์หรือการต่อดอก โดยไม่ได้รับการตรวจสอบเสียก่อน
4. การเสริมสร้างความสะอาดภายในฟาร์มเห็ด

การใช้แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

ในกระบวนการผลิตเห็ดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สร้างปัญหาเป็นอย่างมาก ในแง่ความผิดปกติของเห็ด ได้แก่ การเปลี่ยนสีของหมวกดอก การสลายตัวของเส้นใย และการสูญเสียน้ำหนัก ทำให้ราคาต่ำลงอย่างมาก การแก้ไขจัดการอาจทำได้โดยควบคุมการฆ่าเชื้อ การควบคุมความชื้น (Trevor and Cantwell, 2006) และการเพิ่มความแข็งแรงให้กับดอกเห็ดโดยใช้แคลเซียมคลอไรด์ (วิษณุ, 2551) โดย CFSAN (2004) จัดแคลเซียมคลอไรด์เป็นสารประเภท GRAS (Generally Recognized As Safe) ที่ใช้เติมในอาหารบางชนิด และเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญว่ามีความปลอดภัยต่อการบริโภค (Boca and Smoley, 1993) การใช้สารประเภทนี้ในผลิตภัณฑ์อาหารภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ไม่จำเป็นต้องผ่านการรับรองจาก Food and Drug Administration (FDA) ของ U.S.A. ซึ่งแคลเซียมคลอไรด์($CaCl_2$) มีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้เป็นสารไม่อยู่ตัว สลายตัวให้แคลเซียมและคลอรีน ปกตินิยมใช้ในการแช่ผลไม้ สามารถช่วยรักษาความกรอบ โดยช่วยให้เนื้อเยื่อของผลไม้มีความแข็งแรงและทนต่อการย่อยของเอนไซม์ที่หลั่งออกมาจากเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการตัดแต่ง และยังช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ที่ผิวหน้าของชิ้นผลไม้ตัดแต่ง เช่น การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 % และ 5 % สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่

ผิวหน้าชิ้นแตงเมลอนได้ เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้เอนไซม์เสียสภาพ (denature) จนไม่สามารถเข้าจับกับซับสเต-รท ทำให้ไม่เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเวลาในการแช่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-5 นาที (Trevor and Cantwell, 2006)

Kim *et al.* (2005) นำเห็ดแชมปิญอง *Agaricus bisporus* มาทดลองเคลือบด้วยไคโตซาน 0.3% ในสารละลายกรดแลคติก 5% เปรียบเทียบกับการเคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ 0.2% แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้น 80% พบว่าช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของดอกเห็ดได้ นอกจากเห็ดแล้วสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังสามารถใช้กับผักและผลไม้หลายชนิด เช่น ช่วยปรับปรุงความกรอบของเนื้อผลไม้หลังการตัดแต่งได้ โดยช่วยให้เนื้อเยื่อของผลไม้มีความแข็งแรงและทนต่อการย่อยของเอนไซม์ที่หลั่งออกมาจากเนื้อเยื่อที่เสียหายจากการตัดแต่ง การแช่สารละลายแคลเซียมเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงความกรอบของเนื้อผลไม้หลังการตัดแต่ง โดย Ca^{2+} สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพคตินบริเวณ middle lamella และผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crossling) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) บนสาย polygalacturonides และประจุคู่ของ Ca^{2+} โดย Ca^{2+} ทำหน้าที่ดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสาย polygalacturonides สายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสาย polygalacturonides อีกสายหนึ่งเกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg – box model เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมเพคเตท ซึ่งไม่ละลายน้ำ โดยถ้าใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นมาก ความกรอบก็เพิ่มมากและเวลาที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1 – 2 นาที อาจมีการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้สูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะช่วยให้แคลเซียมสามารถแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในเนื้อเยื่อของผลไม้ได้มากขึ้น โดยอุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรสูงเกิน 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อนทำให้สูญเสียความกรอบและลักษณะปรากฏที่สวยงามไป ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสแตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ โดยทั่วไปแล้วความเข้มข้นที่เหมาะสมอยู่ระหว่างร้อยละ 0.1 – 1 % หากใช้ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์สูงเกินไป อาจทำให้เกิดรสขมในเนื้อผลไม้ได้ นอกจากนี้อุณหภูมิของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้แช่ยังมีผลช่วยลดปริมาณสัตว์รบกวนและจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับเปลือกของผลไม้สดด้วย

การแก้ไขจัดการการเสื่อมสภาพของดอกเห็ดอาจทำได้โดยการควบคุมความชื้น การควบคุมปริมาณและสัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ควบคู่ไปกับการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาและการลดอัตราการหายใจของดอกเห็ดในบรรจุภัณฑ์ (Trevor and Cantwell, 2006) วิษณุ (2551) พบว่า การฉีดพ่นเห็ดยานางิในระยะเส้นใยด้วย 2% แคลเซียมคลอไรด์ เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยยืดอายุของดอกเห็ด แนวโน้มทางการเกษตร ในปัจจุบันได้หันมาสนใจการเคลือบผิวผลผลิตด้วยสารเคลือบผิว ซึ่งใช้ได้ดีกับผลไม้หลายชนิด ตัวอย่างของสารเคลือบผิวที่นิยมศึกษากันมากและมี

แนวโน้มที่ดีได้แก่ ไคโตซาน อาจใช้ควบคู่กับการฉีดพ่นด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพื่อรักษาคุณภาพของเนื้อสัมผัส (วรภัทรและคณะ, 2544)

การนำผลไม้ตัดแต่งไปแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ นอกจากช่วยปรับปรุงความกรอบของผลไม้ตัดแต่งแล้ว สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของชิ้นผลไม้ตัดแต่งมีสาเหตุสำคัญมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอล ออกซิเดส (polyphenol oxidase : PPO) รายงานว่า การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 % และ 5 % สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าชิ้นแตงเมลอน (fish – cut melon) ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้เอนไซม์เกิดการเสียสภาพ (denature) จนไม่สามารถเข้าจับกับซับสเตท ทำให้ไม่เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเวลาในการแช่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1 – 5 นาที นอกจากนี้การแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นการช่วยชะลอเมตาบอลิซึม (metabolism) ของเซลล์ผลไม้ได้ เนื่องจากการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้ชิ้นผลไม้ตัดแต่งมีอัตราการหายใจต่ำลง สุธีราและคณะ (2552) ฉีดพ่นเห็ดนางรมฮังการีก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1-2% และบรรจุในถุง LDPE หรือ กล่อง PP มีอายุการเก็บรักษานาน 15 วันหลังการเก็บเกี่ยว Chikthimmah *et al.* (2005) รายงานว่าการใช้ hydrogen peroxide 0.75% และ calcium chloride 0.3% สามารถเพิ่มคุณภาพของเห็ดหลังการเก็บเกี่ยวและช่วยลดจำนวนแบคทีเรีย 87% (6.4 log CFU/g)

การจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

ดีพร้อม (2523) ถุงก้อนเชื้อเมื่อนำมาเปิดปากถุงและมีการให้น้ำจะเกิดดอกเห็ดเล็กๆ ในเวลาประมาณ 1-3 สัปดาห์ เมื่อเป็นดอกเห็ดเล็กๆ และดูแลรักษาความชื้นได้ดีดอกเห็ดจะบานเต็มที่ภายใน 4-5 วัน ควรเก็บดอกเห็ดในวันที่ 4 ถ้าทิ้งไว้นานกว่านั้นดอกเห็ดจะแก่เกินไปและจะปล่อยสปอร์ออกมาจำนวนมากมองเห็นเป็นผงละเอียดสีขาวหลุดร่วงลงมาจากด้านล่างใต้หมวกดอก ดอกเห็ดที่ปล่อยสปอร์ไปแล้วคุณภาพจะด้อยลงคือเหนียวและจะมีรสขม เก็บดอกเห็ดโดยการจับที่โคนก้าน บิดเล็กน้อยแล้วดึงขึ้นมา ตัดแต่งที่โคนต้น แต่เห็ดมักมีรอยช้ำตอนจับลำต้นดึงออกมา จึงอาจใช้วิธีตัดโดยใช้มีดหรือกรรไกร การตัดจะช่วยให้เห็ดช้ำน้อยลงและสะอาด เมื่อตัดเรียบร้อยแล้วจะเก็บเศษโคนต้นออกจากก้อนเชื้อหรือไม่ก็ได้ หาวัสดุคลุมปิดส่วนนั้นบางๆ แล้วรดน้ำ ประมาณ 1-2 สัปดาห์จะเกิดดอกเห็ดรุ่นใหม่ สามารถเก็บรักษาผลผลิตไว้ในตู้เย็นได้นาน 3-4 วัน ส่วนเห็ดที่ไม่เพาะในระบบเกษตรอินทรีย์สามารถเก็บไว้ได้เพียง 1-2 วัน(รุ่งทิวา, 2553)

การจัดการดอกเห็ดที่เก็บเกี่ยว (นภาวรรณ, 2553)

หลักสำคัญในการจำหน่ายเห็ดให้กับผู้บริโภค ต้องขายเห็ดที่มีคุณภาพดีที่สุดในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ และลดความเสียหายของเห็ดก่อนถึงมือผู้บริโภค โดยเก็บเห็ดในระยะที่เหมาะสม ลดการเกิดรอยซ้ำรอยแผลต่างๆไม่เพียงแต่มีผลต่อคุณภาพและลักษณะปรากฏเท่านั้น แต่ยังเพิ่มอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำด้วยซึ่งจะกระตุ้นให้เสื่อมสภาพเร็วขึ้นเมื่อเก็บแล้วควรกำจัดส่วนที่มีแผลหรือโรคออกและนำเข้าสู่ระบบอุณหภูมิต่ำทันที เพื่อลดกระบวนการหายใจให้เกิดน้อยลงและป้องกันการสะสมความร้อน การเก็บรักษาเห็ดด้วยวิธีการที่ถูกต้องจะทำให้เห็ดที่จำหน่ายสด สะอาด ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ ไม่มีรอยช้ำ การเน่าเสีย ปราศจากสิ่งแปลกปลอมไม่มีร่องรอยความเสียหายจากศัตรูเห็ด และมีลักษณะของเห็ดตรงตามสายพันธุ์ ในสภาพที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง โดยชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับเห็ดมีหน้าที่ห่อหุ้มผลิตภัณฑ์ คุ้มครองป้องกันการกระแทก และยังเพิ่มมูลค่าของสินค้า สามารถเลือกใช้ Low Density Polyethylene (LDPE หรือ แอลดีพีอี) เพราะมีความนิ่ม ยืดหยุ่น เหนียว ทนทานต่อการดึงขาดได้ดี มีความโปร่งใส ป้องกันการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำได้ดี การซึมผ่านของอากาศและไขมันได้ไม่ดี สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่ายและใช้อุณหภูมิต่ำ (106-112°C) และทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีแต่ไม่สามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ หรือ Polystyrene (PS) พอลิสไตรีน ที่มีลักษณะความแข็งสูงแต่เปราะ มีความใสสูง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้น้อย แต่ไม่เหมาะกับการใช้ที่อุณหภูมิสูง สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-15°C ได้นาน 4-12 วัน